

PAT-NO: JP405126805A

**DOCUMENT-
IDENTIFIER:** **JP 05126805 A**

TITLE: METHOD AND APPARATUS FOR MEASURING
PHASE-SPEED CURVE

PUBN-DATE: May 21, 1993

INVENTOR-INFORMATION:

NAME COUNTRY

IIZUKA, YUKIMICHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME COUNTRY

NKK CORP N/A

APPL-NO: JP03286729

APPL-DATE: October 31, 1991

INT-CL (IPC): **G01N029/18** , **G01N029/00**

US-CL-CURRENT: 73/571

ABSTRACT:

PURPOSE: To realize the constitution of a measuring system including an ultrasonic probe simply and to measure the phase-speed

curve of the speed dispersing ultrasonic waves of a body under test accurately only by one detection of ultrasonic-wave excitation.

CONSTITUTION: A phase-speed-**curve** measuring apparatus has means 12b, 13b and 17, which impart the **ultrasonic** waves into a body under test 11 having speed dispersing **property** at an appropriate incident angle and receive the **ultrasonic** waves propagated in the body under test through **ultrasonic** probes, and a filter 19, which corrects the **frequency** characteristics of the received signals. A **frequency** analyzing means 20 obtains the **frequency** spectrums of the speed-dispersing **ultrasonic** wave signals after the correction of the **frequency** characteristics. A peak-**frequency** detecting means 21 obtains the **frequency** of the speed-dispersing **ultrasonic** waves from the peak **frequency of the frequency** spectrums. A phase-speed-**curve** measuring means 22 obtains the phase speed **curve** based on the peak **frequency**. These means are provided.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-126805

(43)公開日 平成5年(1993)5月21日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 29/18		6928-2 J		
29/00		6928-2 J		

審査請求 未請求 請求項の数 2(全 11 頁)

(21)出願番号 特願平3-286729

(22)出願日 平成3年(1991)10月31日

(71)出願人 000004123

日本鋼管株式会社

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号

(72)発明者 飯塚 幸理

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

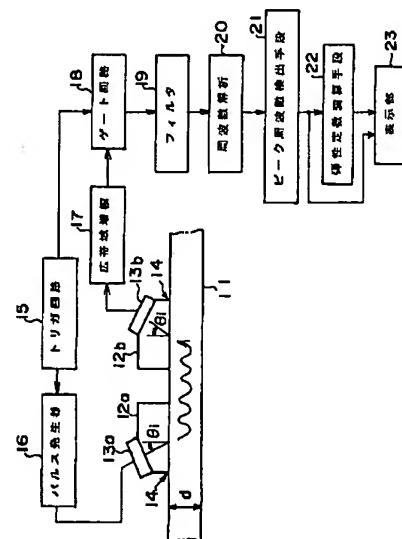
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 位相速度曲線測定法およびその測定装置

(57)【要約】

【目的】 本発明は、超音波探触子を含む測定系の構成を簡単に実現し、かつ、一回の超音波励起検出だけで被検体の速度分散性超音波の位相速度曲線を正確に測定することにある。

【構成】 速度分散性を有する被検体11に対し、適宜な入射角で超音波を入射し、かつ、前記被検体中を伝搬してくる超音波を超音波探触子で受信する手段12b、13b、17と、この受信信号に対して周波数特性補正を行うフィルタ19と、この周波数特性補正後の速度分散性超音波信号の周波数スペクトラムを求める周波数解析手段20と、この周波数スペクトラムに現れるピークの周波数からピーク周波数を求める周波数検出手段21と、このピーク周波数から位相速度曲線測定手段22とを備えた位相速度曲線測定装置である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 速度分散性を有する被検体に対し、超音波探触子から適宜な入射角で広周波数帯域のパルス超音波を入射し、前記被検体中を伝搬してくる速度分散性超音波を前記超音波探触子と同一または別体の超音波探触子で受信し、この受信信号から周波数スペクトラムを求めた後、この周波数スペクトラムのピーク値の現れる周波数を求めることにより、前記速度分散性超音波の位相速度曲線を測定することを特徴とする位相速度曲線測定法。

【請求項2】 速度分散性を有する被検体に対し、超音波探触子から適宜な入射角で広周波数帯域のパルス超音波を入射し、かつ、前記被検体中を伝搬してくる速度分散性超音波を前記超音波探触子と同一または別体の超音波探触子で受信する超音波送・受信手段と、この超音波受信手段によって受信された速度分散性超音波信号の周波数スペクトラムを求める周波数解析手段と、この周波数解析手段によって求めた周波数スペクトラムに現れるピークの周波数から速度分散性超音波の周波数を求めるピーク周波数検出手段と、このピーク周波数検出手段の速度分散性超音波の周波数から位相速度曲線を求める位相速度測定手段とを備えたことを特徴とする位相速度曲線測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、各種の板体や層状媒体などの材料（以下、被検体と総称する）中を伝搬する速度分散性超音波の位相速度曲線を測定し、かつ、この位相速度曲線を利用して当該被検体の特性例えば弾性定数*

$$\tan(K1b) / \tan(K2b) = - (KP^2 - K^2)^2 / (4KP^2 K1K2) \dots (1)$$

$$\tan(K1b) / \tan(K2b) = - (4KP^2 K1K2) / (KP^2 - K^2)^2 \dots (2)$$

$$\text{但し、} K1 = \{ (\omega/CL)^2 - (\omega/CP)^2 \}^{1/2}$$

$$K2 = \{ (\omega/CS)^2 - (\omega/CP)^2 \}^{1/2}$$

$$\omega = 2\pi f \quad (\omega: \text{角周波数}, f: \text{周波数})$$

$$b = d/2 \quad (d: \text{板厚})$$

$$CL: \text{縦波音速}, CS: \text{横波音速}, CP: \text{位相速度}, KP = \omega/CP$$

$$E = \mu (3\lambda + 2\mu) / (\lambda + \mu) \dots (3)$$

$$\sigma = \lambda / \{ 2(\lambda + \mu) \} \dots (4)$$

但し、Eはヤング率、σはポアソン比、λ=ρCL²-2ρCS²、μ=ρCS²、ρは密度である。

【0005】ところで、従来、接触式超音波探触子を用いて速度分散性超音波を励起検出するに際し、図10に示すような原理構成のものが採用されている。同図において、1aは超音波励起用探触子、1bは超音波検出用探触子、2a、2bはくさび、3は被検体、4は発振器、5は電圧計である。これら超音波励起用探触子1aによる超音波入射角と超音波検出用探触子1bの超音波受信角とは同じθiに設定される。さらに、同図では2※50

*などを測定する位相速度曲線測定法およびその測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、圧延鋼板製造ラインを移動する圧延鋼板その他の種々の板体、層状媒体などの被検体に超音波を入射したとき、その被検体中を伝搬する超音波は速度分散性を有しているが、この速度分散性は板厚、周波数および位相速度と一定の関係をもっている。すなわち、この速度分散性とは、ある板厚、ある位相速度のとき、ある周波数でしか伝搬しないという性質をもっていることをいう。

【0003】例えば図4はかかる関係を表す位相速度曲線を示す図であって、その横軸は板厚dと周波数fとの積（以下、fd値と呼ぶ）、縦軸は位相速度、θiは超音波の入射角を示している。つまり、この図4には位相速度曲線が示されているが、速度分散性超音波はかかる曲線近傍で伝搬する。なお、この速度分散性超音波には複数種類あり、板体を伝搬する板波またはラム波と、層状媒体の薄い層を伝搬するラブ波とが代表的なものである。

【0004】しかして、以上のような位相速度曲線は、被検体の弾性定数によって位置が異なるので、この位相速度曲線を求めることにより被検体の弾性定数を測定できる。今、例えば弾性等方体である被検体の板波の位相速度曲線としては下記する（1）式および（2）式で表されるので、実際に位相速度曲線を測定した後、この（1）式および（2）式を用いて縦波音速CLと横波音速CSを求めることにより、（3）式および（4）式から板体の弾性定数を求めることができる。

※個の探触子を使う透過法の原理を示したが、1個の探触子を用いた反射法でも原理的には同じである。

【0006】従って、以上のような接触式超音波探触子を用いたものでは、位相速度と超音波の入射角とは一定の関係をもっているため、超音波の周波数と入射角との関係を求めることにより、fd値と位相速度の関係を求めることができる。

【0007】そこで、従来、かかる原理構成を用いてfd値と位相速度との関係を求める方法として、次の2つの方法を見出した特許出願が提案されている（特公昭

63-29220号公報)。

【0008】その第1の方法は、超音波の周波数を一定にした状態で超音波の入射角を変化させる方法である。具体的には、発振器4の周波数を一定とした状態で超音波の入射角を変化しながら超音波を被検体3に入射し、このとき被検体3を伝搬されてくる速度分散性超音波を検出しその検出強度を電圧計5で測定する。

$$CP = CW / \sin \theta_i$$

但し、CWはくさび2a、2bの音速を表す。

【0010】第2の方法は、第1の方法とは全く逆の方法であって、超音波の入射角を一定にした状態で周波数を可変する方法である。すなわち、この方法は、超音波の入射角を一定とした状態で発振器4の周波数を可変しながら超音波を被検体3に入射し、このとき被検体3を伝搬されてくる速度分散性超音波の強度を電圧計5で測定する。

【0011】このようにして周波数と被検体中を伝搬されてくる速度分散性超音波の強度との関係を調べると、入射角すなわち位相速度に対応した周波数の時に強度が最大になる。そこで、前記(5)式から位相速度CPを求めることにより、fd値と位相速度CPとの関係を求めることができる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、以上のよう2つの方法には次のような問題点がある。

【0013】第1の方法では、入射角を連続的に変えながら速度分散性超音波の強度を測定すると同時にその入射角を正確に読み取り、入射角と被検体中を伝搬されてくる速度分散性超音波の強度との関係を求める必要がある。しかし、實際上、入射角を連続的に変えるためには可変角度型探触子を用いる必要があるばかりでなく、入射角を正確に読み取るための機構が必要であり、探触子構造が非常に複雑になる。また、入射角を連続的に変えながら強度を測定するので、測定時間が長くなる問題がある。このことは、例えば圧延鋼板の製造ラインなどのように移動する被検体をオンラインで測定する場合には不向きであり、ある一点の測定ができないという問題がある。

【0014】第2の方法では、周波数を連続的に変えながら測定しなければならない。周波数を連続的に変えながら測定するためには、第1の方法と同様に測定時間が長くなる。そのため、第1の方法と同様にオンライン測定には不向きである。

【0015】本発明は上記実情に鑑みてなされたもので、一回の超音波励起検出だけで正確、かつ、短時間に被検体の速度分散性超音波の位相速度曲線を測定し、オンラインの測定にも十分に適用できる位相速度曲線測定法を提供することを目的とする。

【0016】また、本発明の他の目的は、超音波探触子を含む測定系の構成を簡単に実現でき、かつ、被検体の※50

*【0009】このようにして超音波の入射角と被検体中を伝搬する速度分散性超音波の強度との関係を調べると、その周波数に対応した位相速度すなわち入射角の時に強度が最大になる。そこで、速度分散性超音波の強度が最大になる入射角 θ_i を用いて下記する(5)式から位相速度CPを求めることにより、fd値と位相速度CPとの関係を求めることができる。

$$\dots (5)$$

※位相速度曲線を正確に測定可能な位相速度曲線測定装置を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】まず、請求項1に対応する発明は上記課題を解決するために、速度分散性を有する被検体に対し、超音波探触子から適宜な入射角で広周波数帯域のパルス超音波を入射し、前記被検体中を伝搬してくる速度分散性超音波を前記超音波探触子と同一または別体の超音波探触子で受信し、この受信信号から周波数スペクトラムを求めるとともに、この周波数スペクトラムのピーク値の現れる周波数を求めることにより、前記速度分散性超音波の位相速度曲線を測定する位相速度曲線測定法である。

【0018】次に、請求項2に対応する発明は、速度分散性を有する被検体に対し、超音波探触子から適宜な入射角で広周波数帯域のパルス超音波を入射し、かつ、前記被検体中を伝搬してくる速度分散性超音波を前記超音波探触子と同一または別体の超音波探触子で受信する超音波送・受信手段の他、この超音波受信手段によって受信された信号に対して前記超音波送・受信手段の周波数特性を補正するためのフィルタと、このフィルタによる周波数特性補正後の速度分散性超音波信号の周波数スペクトラムを求める周波数解析手段と、この周波数解析手段によって求めた周波数スペクトラムに現れるピークの周波数から速度分散性超音波の周波数を求めるピーク周波数検出手段と、このピーク周波数検出手段の速度分散性超音波の周波数から位相速度曲線を求める位相速度曲線測定手段とを設けた位相速度曲線測定装置である。

【0019】

【作用】従って、請求項1に対応する発明は以上のような手段を講じたことにより、速度分散性を有する被検体に対し、超音波探触子から適宜な入射角で超音波を入射し、前記被検体から伝搬してくる速度分散性超音波を受信し、周波数スペクトラムを求めれば、その入射角と既知音速から位相速度が得られ、また被検体の厚さと周波数スペクトラムのピーク周波数とから位相速度曲線を求めることができる。

【0020】従って、超音波探触子から1つの入射角を定めて超音波を入射するだけであるので、短時間に被検体の位相速度曲線、さらには被検体の弾性定数を測定でき、オンラインの測定にも好適なものとなる。

【0021】また、請求項2に対応する発明は、超音波

探触子から被検体に適宜な入射角で超音波を入射し、この被検体から伝搬してくる速度分散性超音波を受信し、この受信信号の周波数スペクトラムを周波数解析手段で測定した後、ピーク周波数検出手段にて周波数スペクトラムに現れるピークの周波数から位相速度曲線を求めるので、特別な可変角度型探触子を用いたり、複雑な探触子構造を採ることなく短時間に測定できる。

【0022】

【実施例】以下、位相速度曲線測定法の一実施例について説明する。先ず、所定の測定位置に超音波の速度分散性を有する被検体を設置する。しかる後、この被検体上にくさびを介して超音波探触子を設置した後、パルス発生器から電気パルスを超音波探触子に印加する。その結果、この超音波探触子から広帯域超音波パルスが送波されるが、このときの広帯域超音波パルスを前記くさびを介して予め知りうる適宜な入射角で被検体に入射すると、被検体中に速度分散性超音波が励起できる。

【0023】そこで、この被検体中の速度分散性超音波を検出し、この検出信号のスペクトラムを周波数解析することにより、被検体中を伝搬する速度分散性超音波の周波数を求めることができる。そして、周波数と被検体中を伝搬する速度分散性超音波の強度の関係から、位相速度に対応する周波数のときに強度最大となる。ゆえに、前記周波数から前記(5)式を用いて位相速度CPを求めることにより、fd値と位相速度との関係、つまり位相速度曲線を測定できる。そして、例えば弾性等方性の被検体に対しての位相速度曲線を測定し、前記(3)式および(4)式を用いて演算をすれば、被検体の弾性定数を求めることができる。よって、この測定法によれば、超音波の入射角や周波数を連続的に可変することなく、位相速度曲線を測定でき、ひいては被検体の弾性定数を測定できる。

【0024】次に、以上のような測定法を用いた弾性定数測定装置について図1を参照しながら説明する。同図において11は板厚dの被検体であって、この被検体11の被検体面部に互いに反対側に適宜な傾斜角度の傾斜面をもった台形状のくさび12a、12bが設定されている。これらくさび12a、12bの各傾斜面にはそれぞれ超音波を励起するための超音波探触子13aおよび超音波を検出するための超音波探触子13bが設置されている。前記くさび12aは超音波探触子13aにて励起された超音波を被検体11に伝達する役割を有し、一方、くさび12bは被検体11中を伝搬されてくる超音波を超音波探触子13bに伝達する役割を有し、さらに各超音波探触子13a、13bでの超音波入射角および受信角は同一の角度 θ_i に設定されているものとする。14は音響的結合を行う接触媒質である。

【0025】15は適宜、或いは所定の周期ごとにトリガ信号を発生するトリガ回路であって、このトリガ回路15から発生されるトリガ信号はパルス発生器16に送

出される。このパルス発生器16はトリガ信号に同期しながら電気パルスを超音波探触子13aに印加する。従って、この超音波探触子13aからは広帯域な周波数成分を有する超音波パルスが送波され、前記くさび12aおよび接触媒質14を介して被検体11に入射される。

【0026】17は超音波探触子13bで受信された超音波の電気信号を増幅する広帯域増幅器であって、ここで得られた増幅信号はゲート回路18に送られる。このゲート回路18はトリガ回路15からのトリガ信号に同期して被検体中の速度分散性超音波の信号を取り込んで出力する。19は測定系の周波数特性を補正するためのフィルタ、20はフィルタ19からの出力信号の周波数スペクトラムを求める周波数解析手段、21は周波数スペクトラムから受信された速度分散性超音波のピーク周波数を求めるピーク周波数検出手段、22はピーク周波数検出手段21によって求めたピーク周波数から前記(5)式を用いて位相速度を求め、かつ、位相速度曲線および前記(3)式、(4)式から弾性定数を演算する弾性定数演算手段である。23はピーク周波数の値や位相速度曲線、さらには弾性定数を表示する表示部である。

【0027】次に、以上のように構成された装置の動作について説明する。パルス発生器16では、トリガ回路15からのトリガ信号に同期して超音波探触子13aにパルス信号を印加すると、当該超音波探触子13aから超音波パルスが送出され、くさび12aおよび接触媒質14を介して被検体11に入射する。このとき、超音波パルスは、広帯域な周波数成分をもっており、くさび12aの角度 θ_i に基づき前記(5)式で求められる位相速度CPで伝搬し、かつ、被検体11中で速度分散性のために特定の周波数成分だけしか伝搬しない。

【0028】従って、以上のような特性をもって被検体11中を伝搬されてくる速度分散性超音波が接触媒質14およびくさび12bを介して超音波探触子13bで受信され、ここで電気信号に変換される。ここで、くさび12bの角度 θ_i はくさび12aと同じであるので、超音波探触子13aにて励起された位相速度CPの超音波が超音波探触子13bで受信される。この超音波探触子13bの電気信号は広帯域増幅器17で増幅されゲート回路18に送られる。

【0029】このゲート回路18では、トリガ回路15から発生するトリガ信号に同期してゲートを開き、被検体中から伝搬されてくる速度分散性超音波の信号を選択してフィルタ19に与える。ここで、パルス発生器16の電気パルス、超音波探触子13a、13bおよび広帯域増幅器17などの測定系はそれぞれ周波数特性をもっているため、各周波数の増幅出力の強度は正確でない。そこで、フィルタ19では、ゲート回路18の出力に対して前述した測定系の周波数特性を補正し、後続の周波数解析手段20に送出する。

【0030】この周波数解析手段20ではフィルタ19の出力信号の周波数スペクトラムを求める。そして、ピーク周波数検出手段21では、周波数解析手段20で得られた周波数スペクトラムからピーク周波数を求めることにより、被検体中を伝搬してくる速度分散性超音波の周波数を測定できる。

【0031】なお、フィルタ19と周波数解析手段20の順序はフィルタの方法により異なる。例えば電気信号そのものに対してフィルタリングする場合、フィルタ19、周波数解析手段20の順序となる。一方、スペクトラムをFFT (Fast Fourier Transform) 分析器の計算で求める場合は、スペクトラム計算後にそれぞれの周波数でフィルタ特性を掛け算してフィルタリングできる。この場合には周波数解析手段20、フィルタ19の順序となる。

【0032】図2は超音波を 43° の入射角 θ_i をもって厚さ1mmのアルミニウム板に入射し、このアルミニウム板中を板波にて伝搬させたときの受信波形である。図3は図2の波形をFFT分析器にて周波数解析して得られた図であり、この図から明らかなように増幅器出力には3つのピークが現れている。これらのピーク値を示す周波数はそれぞれ2.87MHz、6.02MHz、9.24MHzである。さらに、前記アルミニウム板の縦波音速を6500m/s、横波音速を3100m/sとし、このときの位相速度曲線は図4に示す通りである。

【0033】従って、この図4から角度 $\theta_i = 43^\circ$ 、 $CW = 2453\text{m/s}$ のとき、位相速度は 3597m/s であり、しかも板厚が1mmであることからfd値はそれぞれ2.87MHz・mm、6.02MHz・mm、9.24MHz・mmであり、図4に(イ)～(ハ)に示すごとくプロットすると曲線上にのっていることが分かる。よって、以上の結果から明白なように、本発明装置によって位相速度曲線が求められ、前記弾性定数演算手段22にて前記(3)式および(4)式を用いて弾性定数を測定することができる。

【0034】次に、図5は超音波を 20° の入射角 θ_i をもって厚さ1mmのアルミニウム板に入射し、このアルミニウム板中を板波にて伝搬させたときの受信波形である。図6は図5の波形をFFT分析器にて周波数解析して得られた図であり、増幅器出力には顕著な4つのピークが現れている。このピーク周波数はそれぞれ2.50MHz、3.15MHz、6.05MHz、8.21MHzであり、さらに入射角 $\theta_i = 20^\circ$ から位相速度は 7172m/s であり、同じく図4に(ニ)～(ト)のごとくプロットすると同じく曲線上にのっていることが分かる。

【0035】次に、図7は1個の超音波探触子を用いて超音波を透過させて位相速度曲線、ひいては弾性定数を測定する例を示す図である。同図において11は被検

体、12はくさび、13は超音波探触子、14は接触媒質である。その他、超音波探触子13から超音波を入射し、被検体11の端面で反射されて伝搬されてくる速度分散性超音波を同一の超音波探触子13で受信し、高帯域増幅器17に送出するものであり、その後の処理については図1と同様であり、そのため図1と同一部分には同一番号を付してその説明は省略する。

【0036】従って、トリガ回路15から発生するトリガ信号に同期してパルス発生器16から超音波探触子13にパルス信号を印加すると、この超音波探触子13から超音波パルスが出力され、くさび12および接触媒質14を経て被検体11に入射される。この超音波パルスは、広帯域な周波数成分をもっており、くさび12の角度 θ_i に基づき前記(5)式で求められる位相速度CPで伝搬し、かつ、被検体11中で速度分散性のために特定の周波数成分だけしか伝搬しない。

【0037】従って、以上のような特性をもって超音波が被検体11に入射するが、当該被検体11中に入射されて伝搬する板波の速度分散性超音波は、被検体端面11Aに達してここで反射され、同一の構成体である接触媒質14およびくさび12を経て超音波探触子13に受信され、電気信号に変換される。この電気信号に変換後は前記図1の実施例と同様に処理され、被検体11を伝搬されてくる速度分散性超音波の周波数を求めることができる。

【0038】図8は超音波を 20° の入射角 θ_i をもって厚さ0.5mmのアルミニウム板に入射し、このアルミニウム板中を板波にて伝搬させたときの受信波形である。この図8中、Aの部分は図7に示すくさび12内で反射されてきた受信波であり、Bの部分は被検体11を伝搬して反射して戻ってきた板波である。

【0039】図9は図8の受信波BについてFFT分析器にて周波数解析して得られた図であり、その増幅器出力には2つのピークが現れている。このピーク時の周波数はそれぞれ5.00MHz、6.30MHzである。ここで、前述したように板厚dが0.5mmであるので、fd値はそれぞれ2.50MHz・mm、3.15MHz・mmであり、前記図5と同様の結果が得られ、図4の(ニ)、(ホ)のごとくプロットすると曲線上にのっていることが分かる。よって、以上の結果から明白なように、本発明装置によって位相速度曲線が求められ、前記弾性定数演算手段22にて前記(3)式および(4)式を用いて弾性定数を測定することができる。

【0040】従って、以上のような実施例の構成によれば、超音波探触子13a(13)から適宜に定めた既知入射角 θ_i で超音波を既知板厚dの被検体11に入射し、この被検体11中を伝搬してくる板波の速度分散性超音波信号を受信する。そして、この受信信号を周波数解析手段20で周波数スペクトルを求めた後、このスペクトルのピークの現れている周波数を測定することによ

り、既知入射角 θ_i とくさびの既知音速 CW とから位相速度を把握でき、かつ、既知板厚 d と前記ピーク時の周波数とから $f d$ 値を把握でき、これによって位相速度曲線を得ることができる。

【0041】しかも、超音波の入射角 θ_i や周波数などを連続的に変えながらピークの強度を測定する必要がなく、一回の超音波励起検出のみでピーク強度の周波数を測定でき、従来のように測定時間を必要としない。また、超音波の入射角 θ_i を変える必要がないので、探触子の構造および探触子の走査に係わる構造も非常に簡単

に実現でき、既知入射角 θ_i の下に正確に位相速度を求めることができる。

【0042】なお、上記2つの実施例では、被検体11として板体を用いたが、これに限定されるものでなく、超音波の伝搬が速度分散性を有する媒体であれば同様に適用できる。かかる媒体として例えば薄い層と厚い層とからなる2層構造の試料のうち薄い層の媒体を伝達するラブ波が上げられる。また、前記実施例では、弾性等方性の被検体の弾性定数を求めたが、多方向の位相速度曲線を本方法で測定することにより、弾性異方性の被検体の弾性定数を求めることも可能である。さらに、前記実施例では、超音波の励起検出に接触型の超音波探触子を用いたが、渦電流を利用して電磁誘導的に超音波を励起検出する電磁超音波法やレーザーの熱により被検体に超音波を励起し干渉計で検出するレーザー超音波法などの非接触超音波計測法を用いても容易に実施できる。その他、本発明はその要旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施できる。

【0043】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、次のような種々の効果を奏する。

【0044】請求項1の発明では、一回の超音波励起検出だけで正確、かつ、短時間に被検体の速度分散性超音

波の位相速度曲線を測定でき、オンラインの測定にも十分に対処できる。また一回の超音波励起検出だけで正確、かつ、短時間に被検体の弾性定数を測定できる。さらに、請求項2の発明は、超音波探触子を含む測定系の構成を簡単に実現でき、しかも一回の超音波励起検出だけで被検体の弾性定数を正確に測定できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係わる弾性定数測定装置の第1の実施例を示す構成図。

10 【図2】 第1の実施例の装置を用いてある入射角で被検体に超音波を入射したときの被検体の速度分散性超音波の受信波形図。

【図3】 図2の受信波形の周波数スペクトラム図。

【図4】 被検体の位相速度曲線図。

【図5】 第1の実施例の装置を用いて図2とは異なる入射角で被検体に超音波を入射したときの被検体の速度分散性超音波の受信波形図。

【図6】 図5の受信波形の周波数スペクトラム図。

20 【図7】 本発明に係わる弾性定数測定装置の第2の実施例を示す構成図。

【図8】 第2の実施例の装置を用いてある入射角で被検体に超音波を入射したときの被検体の速度分散性超音波の受信波形図。

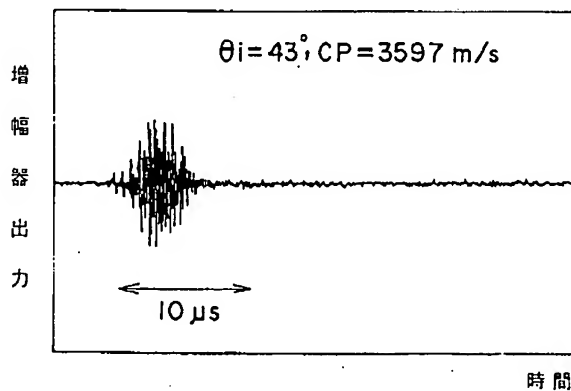
【図9】 図8の受信波形の周波数スペクトラム図。

【図10】 従来装置の測定原理を説明する構成図。

【符号の説明】

11…被検体、12a、12b、12…くさび、13a、13b、13…超音波探触子、14…接触媒質、15…トリガ回路、16…パルス発生器、17…広帯域増幅器、18…ゲート回路、19…フィルタ、20…周波数解析手段、21…ピーク周波数検出手段、22…弾性定数演算手段、23…表示器。

【図2】



【図1】

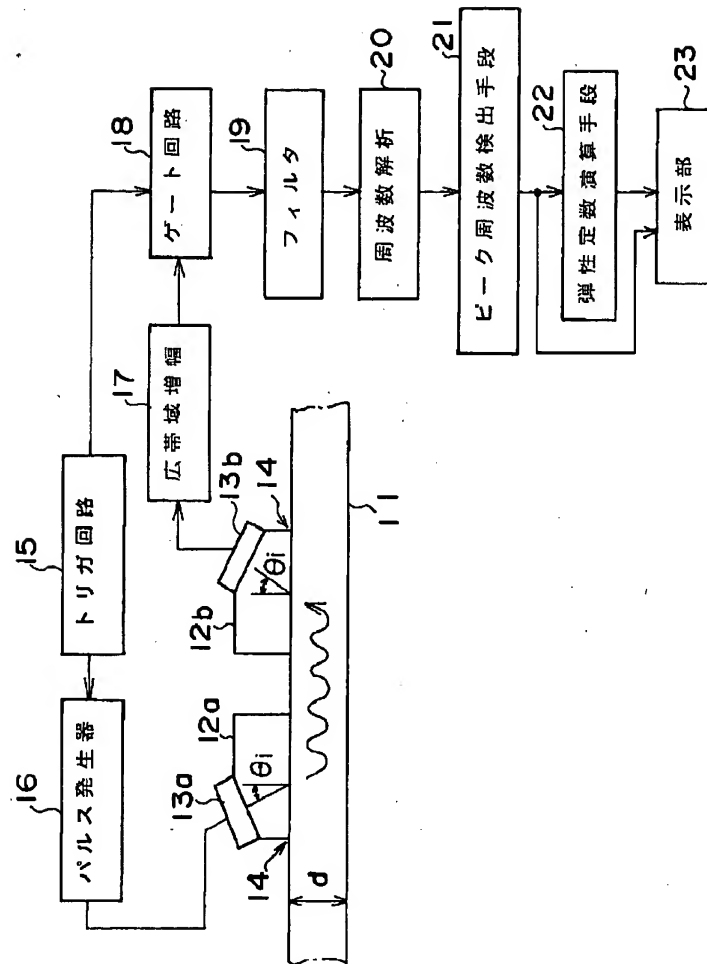
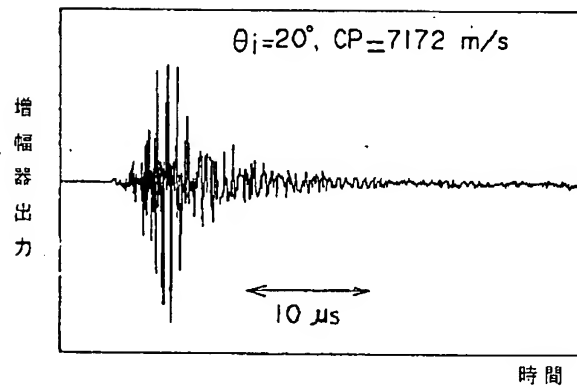
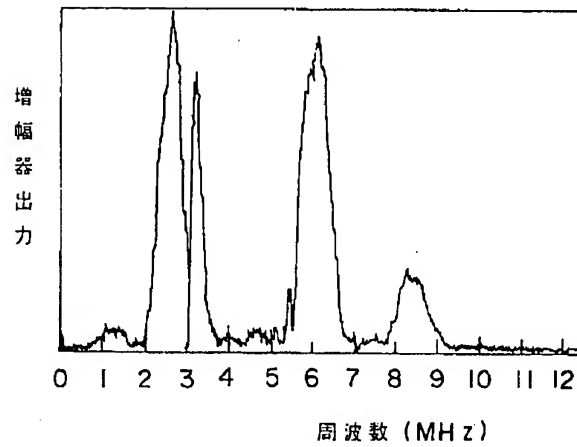


Figure 1 is a schematic diagram of a surface acoustic wave (SAW) device. The device is mounted on a substrate 3. It consists of two interdigital transducers (IDTs). The left IDT has two sets of fingers, labeled 1a and 2a. The right IDT has two sets of fingers, labeled 1b and 2b. An oscillator 4 is connected to the left IDT, and a voltage meter 5 is connected to the right IDT. The angle of the fingers is labeled θ_i .

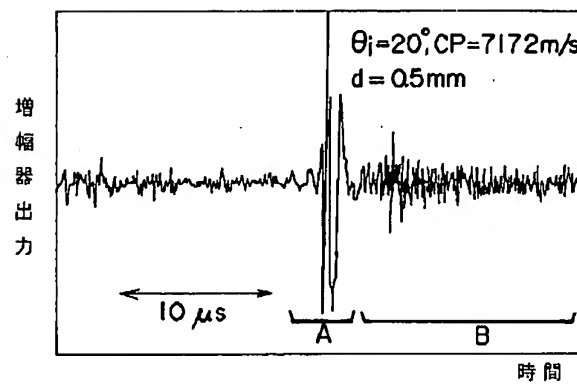
【図5】



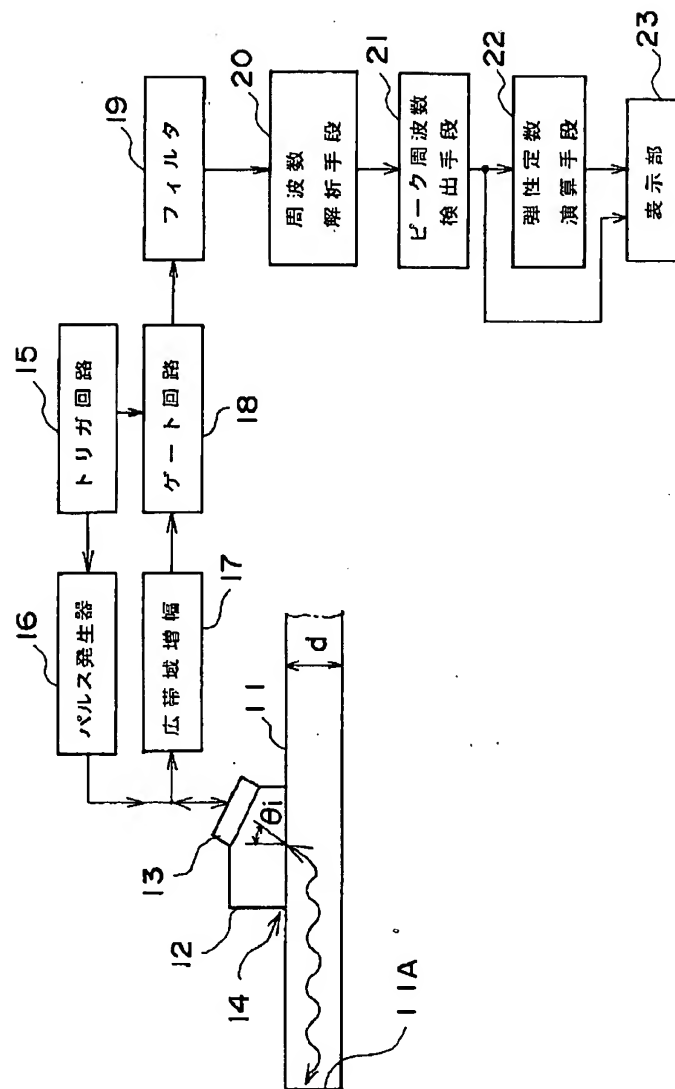
【図6】



【図8】



【図7】



【図9】

